智库圆桌（第18期·总378期）

深入推进传统行业节能降碳

节能降碳是推进碳达峰碳中和、加快发展方式绿色转型的重要抓手，是维护国家能源安全、促进产业提质升级的重要支撑。近年来，我国大力推进钢铁、有色、石化、建材等行业绿色低碳转型。“十五五”规划纲要提出，推动重点领域节能降碳。日前，《中共中央办公厅 国务院办公厅关于更高水平更高质量做好节能降碳工作的意见》发布，强调“全面提升钢铁、有色、石化、化工、建材等重点行业能效水平”。本期特邀专家围绕相关问题进行研讨。

节能降碳助力绿色低碳转型

为什么要推进节能降碳？党的十八大以来，我国系统推进传统行业节能降碳整体成效如何？

吴滨（中国社会科学院技术创新与战略管理研究中心主任、研究员）：能源是国民经济的命脉，能源的生产、利用与生态环境密切相关。能源活动是碳排放的主要来源，我国能源活动碳排放占二氧化碳排放总量的80%以上。近年来，原油、天然气的对外依存度分别超70%、40%。深入推进节能降碳，提高能源利用效率，不仅有助于实现碳达峰碳中和目标，也是统筹发展和安全的内在要求。

传统产业是制造业的主体，主要以原材料加工为主，能源消耗普遍偏高。根据2023年数据测算，我国工业能源消费量占全社会能源消费总量的66.6%，制造业能源消费量占比约57%。其中，化学原料和化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业等行业占制造业能源消费量的77.4%。整体来看，化石能源消费是全球碳排放的主要来源，我国传统行业能源消费也主要来自化石能源，是节能降碳的重点领域。

党的十八大以来，我国稳步推进节能降碳，加快经济社会发展全面绿色转型。“十三五”时期，我国实行能源消费总量和强度双控制度，推进工业、建筑等领域节能。《“十三五”节能减排综合工作方案》将能源消费总量和强度控制目标分解到各省（区、市），提出主要行业和部门节能目标，强调“电力、钢铁、有色、建材、石油石化、化工等重点耗能行业能源利用效率达到或接近世界先进水平”，提升能效成为传统行业节能降耗的关键。我国通过强化节能环保标准指标约束，化解传统行业过剩产能，2016年至2020年，累计退出钢铁过剩产能1.5亿吨以上、水泥过剩产能3亿吨左右，地条钢全面出清。大力实施节能技术改造工程，在重点耗能行业推行能效对标，开展万家企业节能低碳行动，2021年，钢铁、电解铝、水泥熟料、平板玻璃等单位产品综合能耗较2012年降低9%以上，全国火电机组每千瓦时煤耗降至302.5克标准煤，均处于世界领先水平。积极推动再生资源利用，2020年废钢利用量2.6亿吨，再生有色金属产量占国内十种有色金属总产量的23.5%，资源循环利用能力显著增强。

2020年，我国非化石能源占一次能源消费比重达15.9%，较2012年提高6.2个百分点。传统行业节能降耗取得显著成效，但加快发展仍面临能源资源和环境约束。“十四五”期间，我国积极稳妥推进碳达峰碳中和，能源消耗总量和强度调控逐步转向碳排放总量和强度双控，传统行业节能、降碳进一步协同。《2030年前碳达峰行动方案》对“节能降碳增效行动”作出部署，推动电力、钢铁、有色金属、建材、石化化工等行业开展节能降碳改造，提升能源资源利用效率。2024年，国务院印发《2024—2025年节能降碳行动方案》，明确了钢铁、石化化工、有色金属、建材等行业节能降碳目标。传统行业节能降碳改造有序推进，对高耗能行业实施产能置换政策，不断优化产业布局，并与可再生能源协同发展。云南依托九成以上绿色电力装机的清洁能源优势，推动“绿电+先进制造业”融合发展，截至2025年底，全省电解铝建成合规产能650万吨，位居全国第二，绿色铝产业工业总产值突破2000亿元。同时，节能低碳技术加快落地应用，国家发展改革委数据显示，“十四五”前3年，我国钢铁、电解铝、水泥、炼油、乙烯、合成氨等行业能效标杆水平以上产能占比平均提高6个百分点。2024年，电石、合成氨、电解铝行业单位产品综合能耗分别较2020年降低8.3%、1.1%、2.8%，每千瓦时火力发电标准煤耗累计降低1.1%。

“十五五”时期我国将实现碳达峰目标。“十五五”规划纲要强调“统筹发展和减排”，对推动重点领域节能降碳作出重要部署，并设定“单位国内生产总值二氧化碳排放降低17%”的约束性指标。近年来，我国绿色产业规模持续壮大，绿色技术创新体系不断完善，光伏、风电等新能源加快发展，碳排放权交易市场覆盖范围从电力行业扩展至钢铁、水泥、铝冶炼行业，覆盖全国60%以上的碳排放量，为传统行业节能降碳创造了有利条件。也要看到，全球气候变化问题依然突出，国家气候中心最新气候变化监测表明，2025年全球地表平均温度较工业化前（1850年至1900年）水平升高1.40℃。同时，欧盟碳边境调节机制实施，对入境的钢铁、铝、水泥、化肥、电力等高碳产品征收碳关税，出口成本压力显著上升。推动传统行业节能降碳取得更大实效任重而道远。

建言

系统施策促节能降碳

孙颖

在碳达峰碳中和目标引领下，我国传统行业节能降碳取得积极进展，能效水平大幅提升，碳排放强度持续下降，绿色低碳发展的政策框架初步构建。但在实践中，仍面临区域发展不均衡、协同治理难度大等挑战，不同区域节能降碳进展呈分化态势，跨区域跨领域协同治理还存在堵点卡点。

不同地区发展阶段、产业基础与功能定位存在客观差异。我国工业体系完备，门类众多，各地发展条件不同、资源禀赋各异，发展阶段也不尽相同。特别是传统产业积淀深厚、高耗能产业相对集中的地区，以及部分仍处于快速工业化进程中的地区，推动节能降碳不仅关乎能源消费结构调整，还需统筹考虑产业链供应链安全、就业与社会稳定，转型发展更具复杂性和系统性。

深度降碳对专业化能力提出了更高要求。当前，节能降碳正从单一的设备更新转向全流程、跨环节的系统优化，迫切需要跨专业、复合型人才，对精细化能源诊断能力、集成解决方案设计能力提出了更高要求。不同区域在相关领域专业人才储备、专业服务机构技术实力等方面，还存在不均衡情况，对实施复杂的节能降碳技术改造带来一定影响。

市场化激励机制与协同化基础设施尚不完善。全国碳排放权交易体系持续完善，但生态环境成本尚未完全通过价格信号有效传导，跨区域生态保护补偿与利益共享还缺乏稳定渠道，影响了各类主体参与协同治理的积极性。与此同时，支撑跨区域能源互济、企业间能量系统优化、全过程碳监测的物理网络与数据平台建设相对滞后，抬高了系统性减碳的协同成本。

我国坚持依法依规淘汰落后产能，实施重大节能降碳工程，重点行业能效显著提升，部分行业能效已达到国际先进水平。但与“标杆水平”相比，传统行业部分存量产能中，一些通用设备还存在显著节能降碳空间。造成低效产能、低效设备的原因，一方面，随着节能降碳技术加速迭代，大量尚未满服役期的生产装置和用能设备已处于能效表现不佳状态，但提前深度改造涉及沉没成本、资产损失评估、生产运营衔接等问题，企业决策较为审慎；另一方面，许多系统性节能降碳技术改造（如能量系统优化、智慧能源管理等）[illegible]时，投资意愿不强。此外，[illegible]企业的系统性节能改造往往面临技术集成难度高、多方协调机制复杂、融资模式不清晰等障碍，专业化市场化服务体系仍需继续培育。

深入推进传统行业节能降碳，是实现碳达峰碳中和目标的关键举措，也是传统产业降本增效、提升核心竞争力的内在要求。“十五五”是我国实现碳达峰目标的关键时期，需突出重点、系统施策，推动节能降碳提质增效，为美丽中国建设提供坚实支撑。

一是强化标准牵引与刚性约束。持续完善并动态提升能耗、能效、碳排放限额标准体系，强化标杆引领与基准约束作用。建立对能效低于基准水平的存量产能和设备的清单管理机制，明确改造升级时间表。扩大强制性终端用能产品能效标准覆盖范围，从市场入口端提升用能设备能效水平。

二是夯实基础能力与人才支撑。加强相关领域高水平复合型人才培养、引进与激励，建立权威规范的第三方审计、诊断、评估与服务市场。利用物联网、大数据等技术提升能源计量与碳排放监测体系的智能化、网络化水平，为精细化管理和精准施策奠定坚实基础。

三是完善市场机制与政策激励。优化财政资金支持方式，更多向系统集成改造、前沿技术示范等具有显著带动效应的项目倾斜，提高政策效能。基于未来节能收益或碳资产增值，加快创新绿色金融产品，有效降低企业融资成本。加快建设全国碳排放权交易市场，有序扩大覆盖行业范围，强化碳市场定价功能。

四是构建动态挖潜与多元共治的长效机制。依托行业协会、龙头企业组建“能效创新联合体”，开展定制化的全流程诊断与集成改造。整合工业可调节负荷等灵活性资源，提升电力系统对高比例可再生能源的消纳能力。充分发挥行业协会、专业机构等在制定先进标准、推广最佳实践、促进行业自律方面的作用，形成政府、市场、社会多方协同推进的节能降碳治理体系。

（作者系国家发展改革委能源研究所副所长）

提升建筑能效促进规模化发展

据测算，全国存量建筑中有近40%为非节能建筑，建筑领域节能降碳进行了哪些探索？如何实现超低能耗建筑规模化发展？

林波荣（清华大学建筑学院副院长、教授）：建筑领域是能源消耗和碳排放的主要领域之一。近年来，我国以碳达峰碳中和为牵引，不断健全相关制度体系，有效提升能源利用效率，推动建筑领域节能降碳取得积极进展。

一是持续提升建筑节能设计标准。我国新建建筑已普遍执行居住建筑节能75%、公共建筑节能65%的标准，相关标准达到国际领先水平。以北京为例，率先实施居住建筑节能率达到80%设计标准，其中，围护结构热工性能比美国、日本、德国等国家同气候区的设计标准提升了5%至10%。

二是大规模推广绿色建筑。截至2024年底，全国城镇新建绿色建筑面积占当年城镇新建建筑面积比例超97%。北京、上海、深圳等地全面执行一星级及以上标准。2020年以来，浙江湖州试点推动绿色建筑与绿色金融协同发展，截至2025年底，绿色建筑相关贷款占全部绿色贷款比例从试点前的10.2%提升至21.2%，绿色建筑产业规模占建筑业比例达24.2%。

三是着力推动既有建筑节能降碳改造。我国持续加强建筑运行节能降碳管理，已开展32个公共建筑能效提升重点城市建设工作。上海、深圳等地持续开展大型公共建筑能耗监测和数据分析。北京对公共建筑进行能耗限额与能效分级管理，2014年以来，累计节电约51亿千瓦时、减碳约312万吨。“十四五”期间，全国累计完成既有建筑节能改造8亿平方米。

四是加快推进“好房子”建设。我国大力发展新型建造方式，新版《住宅项目规范》颁布实施，行业领军企业探索构建“6633”（六不、六防、三省、三要）等“好房子”建造体系，多方协同推进“好房子”建设，解决人民群众居住痛点。同时，老房子也逐步改造成“好房子”。以北京市桦皮厂8号楼危旧房改建项目为例，采用混凝土模块化集成建筑技术，3个月完成了“原拆原建”改造，较传统方式工期缩短约80%，建筑垃圾减少约75%。

五是扩大可再生能源应用。2019年《建筑光伏系统应用技术标准》施行，推广光伏系统在建筑中的应用。浙江宁波在新建民用建筑、工业建筑屋顶推广应用分布式光伏，截至2024年底，建筑屋顶光伏装机容量累计688万千瓦，光伏发电量75.44亿千瓦时，占全市全社会用电量超6%。2022年《建筑节能与可再生能源利用通用规范》实施，推动可再生能源在建筑领域规模化高效应用。截至2024年底，全国建筑领域电气化率超55%，北方地区清洁取暖率达83%。

与发达国家相比，我国城镇化率仍有较大提升空间，建筑规模和人均用能需求或保持增长，人民生活水平逐步提高也对建筑功能提出了更高要求。进一步提高建筑领域能源利用效率，还面临一些挑战。从既有建筑节能改造来看，2000年之前建成的城镇公共建筑占比约37%，居住建筑占比约35%，普遍存在围护结构性能差、设备老旧效率低等问题，由于施工难度大，节能改造投资回收期超过市场预期。从建筑能源结构转型来看，2024年我国新能源发电量在总发电量中占比突破18%，部分省市电力峰值从白天转移到夜间，传统蓄冷系统设计运行策略面临失效，而建筑用电化学储能技术尚不成熟，工业余热与建筑用热存在时空错配问题，可直接利用比例不高。此外，由于能耗计量基础薄弱，尚不能按照实际能耗水平评估建筑是否节能，全国范围内尚未建立统一的公共建筑差别化电价机制，北方部分地区集中供暖仍按面积收费，用电、用热价格难以体现节能优势。

日前，《中共中央办公厅 国务院办公厅关于更高水平更高质量做好节能降碳工作的意见》发布，强调“严格新建建筑能效管理”“加强建筑运行节能降碳管理”“优化建筑用能结构”。持续推进建筑节能降碳，需从管理机制、技术研发等方面协同发力。

一是建立基于实测数据的管理体系。鼓励各省市加强与能源供应单位合作，夯实能耗和碳排放计量基础。借鉴北京、湖州等地经验，建立建筑能效标识制度，明确标识等级与节能改造关系，搭建基于城市地图的建筑能效和碳效数据公示平台。各地探索建立碳达峰碳中和综合评价考核制度，明确既有建筑节能降碳改造与减排阶段性目标。

二是加快可再生能源技术推广。鼓励各地搭建太阳能与地热、工业余热资源潜力地图，加快建筑光伏一体化应装尽装，推广传统老旧幕墙光伏替代。推动建筑配电系统智能化升级改造，推广“建筑—电动汽车—电网”互动技术，充分调动建筑光伏、储能、空调、热泵、电动汽车等分布式资源参与电网调节。

三是加强成本适宜的节能降碳技术攻关。以城市更新为关键场景，研发基于AI和BIM（建筑信息模型）的建筑三维模型快速重建、改造方案智能生成与零碳柔性能源系统规划调控技术。研发适用于快拆快装式改造的建筑部品与设备，适用于狭窄空间的轻量化建筑机器人与低扰动施工技术，开发建筑多元储蓄能、低碳智慧办公等产品。

深挖钢铁行业节能降碳潜力

我国钢铁行业节能降碳取得了怎样的成效？面临哪些转型压力？如何深挖潜力持续降本增效？

张龙强（中国钢铁工业协会副秘书长、冶金工业信息标准研究院院长）：钢铁行业是关乎工业稳定增长的重要领域，也是能源消耗和二氧化碳排放的重点行业。近年来，我国深入推进钢铁行业节能降碳，实现从“末端治理”向“全流程管控”的系统性转变，建成全球规模最大的清洁钢铁生产体系，能效水平、减排能力实现跨越式提升。

一方面，节能环保成效显著。早在2005年，《钢铁产业发展政策》就提出，最大限度地提高废气、废水、废物的综合利用水平，力争实现“零排放”，建立循环型钢铁工厂。此后，围绕能源消耗总量和强度“双控”目标，相关政策、标准陆续印发，“三干三利用”等技术成功应用，推动钢铁行业能源利用效率持续提升，吨钢综合能耗从2005年约700公斤标准煤降低至目前550公斤标准煤左右。绿色发展成为行业共识，污染物治理越来越受到重视。随着《大气污染防治行动计划》《打赢蓝天保卫战三年行动计划》《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》等发布，钢铁行业超低排放改造有序推进，进入环保治理与节能协同发展阶段。河北等地出台相关政策，形成可复制的区域改造模式，首钢等龙头企业率先开展全流程改造试点。“十四五”时期，随着“双碳”目标的推进，节能、减污、降碳协同发展步伐加快。在持续推进超低排放改造的基础上，钢铁行业极致能效工程于2022年12月启动实施，先后遴选143家“双碳最佳实践能效标杆示范厂”培育企业，涉及产能约7.5亿吨，并发布极致能效技术清单和能力清单。截至目前，全行业累计节能量超2400万吨标煤，减排二氧化碳6000万吨，已有40家企业通过极致能效标杆验收，90%的钢铁产能实现超低排放。

另一方面，低碳技术创新取得突破。“十四五”期间，我国低碳技术创新与应用持续深化，特别是低碳冶金技术进入世界第一方阵，核心装备国产化率超95%，工程建设和运营成本约为国际同类项目的60%至70%，为全球钢铁行业低碳转型提供了中国方案。中国宝武集团的富氢碳循环氧气高炉较传统高炉减碳约30%，为“高炉—转炉”长流程工艺减碳提供了有效路径。河钢集团张宣科技创新氢冶金装备，以副产气和氢气为燃料和还原剂，在高温下将铁从铁矿石中还原出来，从源头减少碳排放，为其他国家钢铁行业绿色转型提供了借鉴。今年1月，我国牵头制定的钢铁行业首项绿色低碳领域国际标准《钢铁企业低碳技术应用指南》正式发布，为世界钢铁行业低碳转型提供了技术应用指导。

我国钢铁行业绿色低碳发展取得积极成效，但仍处于爬坡过坎的关键时期，面临多重结构性压力。其一，我国长流程炼钢占比达90%，贡献了全行业95%的碳排放量，而短流程炼钢占比10%左右，低于全球30%的平均水平，流程结构失衡制约了深度减碳。其二，全行业化石能源消费占比超85%，绿电、绿氢等清洁能源供应稳定性不足且成本溢价明显，叠加持续上涨的环保运行成本，中小钢铁企业转型面临资金压力。其三，氢冶金、CCUS（碳捕集、利用与封存）等技术仍处于示范阶段，吨钢生产成本较传统工艺高500元至1000元，尚未形成成熟的商业化应用模式。其四，钢铁行业纳入全国碳排放权交易市场后，碳排放管控从“软约束”转向“硬指标”，加之欧盟碳边境调节机制实施，出口产品面临高额碳关税成本，对企业碳足迹核算和全链条低碳生产能力提出了更高要求。

钢铁行业节能降碳已从量的积累转向质的跃升，但需求减量与供给充盈的矛盾仍然存在，需聚焦存量挖潜、结构优化、技术创新等维度，推动降本增效与低碳转型深度融合。

一是以极致能效改造挖潜存量。完善激励机制，对环保绩效A级、能效标杆等企业，给予用电、减排等政策倾斜，推动行业能效整体跃升。引导企业对标极致能效技术清单，深化余热余压余能全流程回收，推广铁水一罐到底等成熟工艺，挖掘全工序节能潜力。

二是构建绿色低碳循环发展经济体系。完善废钢回收加工配送体系，探索建立废钢保供稳价机制，推动资源向优势企业集聚，因地制宜发展短流程电炉钢。推动钢铁与建材、化工、电力等产业耦合发展，提高钢渣、高炉煤气、转炉煤气等资源综合利用效率，实现循环增效。

三是加快低碳技术落地应用。发挥龙头企业作用，组建低碳冶金创新联合体，重点提升低碳冶金技术自主创新能力，同时加快人工智能技术全流程应用，助力示范项目建设提质提速。探索设立钢铁低碳技术创新专项基金，完善低碳技术标准体系，加快技术成果转化。

四是以产业协同拓展市场空间。推动钢铁与汽车、家电、建筑等行业协同发展，建立全产业链碳足迹核算与追溯体系，开发高性价比的绿色低碳钢材。促进碳市场与产业政策衔接，同时完善低碳钢材标准与认证，推动国内国际碳足迹互认，助力企业构筑竞争新优势。

本版编辑 谢慧 美编 夏祎 来稿邮箱 jjrbjjzk@163.com